



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106936140 A

(43)申请公布日 2017. 07. 07

(21)申请号 201511020060.0

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.12.30

H02J 3/18(2006.01)

(71)申请人 国网辽宁省电力有限公司电力科学
研究院

地址 110055 辽宁省沈阳市和平区四平街
39-7号

申请人 国网智能电网研究院
国家电网公司

(72)发明人 周季 李强 庞辉 张艳军
马巍巍 别晓玉 朱钰 阳岳希
周杨 李胜辉 张潇桐

(74)专利代理机构 北京安博达知识产权代理有
限公司 11271

代理人 徐国文

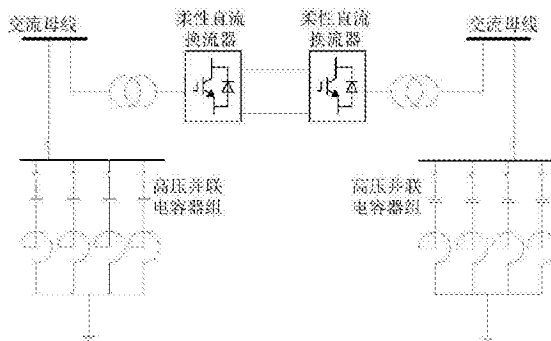
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

基于柔性直流与高压并联电容配合的无功
调节装置及方法

(57)摘要

本发明涉及基于柔性直流与高压并联电容配合的无功调节装置及方法,多组高压并联电容器组与柔性直流输电系统连接于同一交流母线上,调度中心根据交流母线实际电压水平U、换流站实际无功功率输出 Q_0 与标准电压进行比较并计算无功补偿容量Q;判定无功补偿容量Q是否大于单组高压并联电容组的最大无功补偿容量 Q_m ,若小于,则全部无功功率由柔性直流换流站提供单组并联电容器的容量 Q_{set} ,否则,剩余所需的无功补偿容量 Q_{vsc2} 由柔性直流换流站提供。投切动作进行时,柔性直流换流站投入自身全部无功补偿容量,之后随着并联电容组的投入逐渐降低自身无功出力至 $Q-(a \times Q_{set})$,显著降低电容器过电压水平并降低设备的有功损耗。



1. 一种基于柔性直流与高压并联电容配合的无功调节装置,其特征在于,所述调节装置包括柔性直流输电系统、换流变压器和高压并联电容器组;所述柔性直流输电系统通过所述换流变压器与多组高压并联电容器并联于同一交流母线上。

2. 如权利要求1所述的无功调节装置,其特征在于,其中,所述柔性直流输电系统采用模块化多电平换流器,子模块为半桥结构;柔性直流换流站采用定无功功率控制方式,高压并联电容组通过断路器独立控制投切动作。

3. 一种如权利要求1-2中任一项所述的基于柔性直流与高压并联电容配合的无功调节装置的调节方法,其特征在于,所述调节方法基于高压并联电容器组与柔性直流输电系统配合进行无功补偿,所述调节方法包括下述步骤:

步骤1: 调度中心检测交流母线实际电压水平 U 和换流站实际无功功率输出 Q_0 ;

步骤2: 将交流母线实际电压水平 U 和换流站实际无功功率输出 Q_0 与上层调度控制系统提供的交流母线标准电压进行比较并计算相应所需的无功补偿容量 Q ;

步骤3: 判定无功补偿容量 Q 是否大于单组高压并联电容组的最大无功补偿容量 Q_m ,若小于,则进行步骤4,否则,进行步骤5;

步骤4: 全部无功功率由柔性直流换流站提供单组并联电容器的容量 Q_{set} ;

步骤5: 剩余所需的无功补偿容量 Q_{vsc2} 由柔性直流换流站提供。

4. 如权利要求3所述的调节方法,其特征在于,所述步骤4中,柔性直流换流站所能提供的最大无功补偿容量 Q_m 大于单组并联电容器的容量 Q_{set} ;当所需无功补偿容量 Q 小于单组并联电容器容量 Q_{set} 时,柔性直流输电系统的调度中心下发指令控制柔性直流输电系统提供所需全部无功补偿容量。

5. 如权利要求3所述的调节方法,其特征在于,所述步骤5中,当所需无功补偿容量大于单组并联电容器容量 Q_{set} 时,计算 $\text{int}(Q \div Q_{set})$ 后将结果取整得到所需投入的并联电容器组数 a ,并下发相应指令至高压并联电容器组的自动投切装置;剩余所需的无功补偿容量 $Q_{vsc2} = Q - (a \times Q_{set})$ 则由柔性直流换流站提供;

投切动作进行时,柔性直流换流站先根据系统无功需求及响应特点投入自身全部无功补偿容量,之后随着并联电容组的投入再逐渐降低自身无功出力至 $Q_{vsc2} = Q - (a \times Q_{set})$, Q 表示无功补偿容量。

基于柔性直流与高压并联电容配合的无功调节装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及柔性直流输电领域的装置及方法,具体涉及一种基于柔性直流与高压并联电容配合的无功调节装置及方法。

背景技术

[0002] 在现代电力系统中并联电容器的应用极为广泛,以并联电容补偿形式来提高电网的功率因数,力求实现无功功率就地平衡,降低线损,提高电压质量,是目前各国电网所采用的主要技术手段。就无功功率平衡而言,不管是对整个电网、还是对某个局部地区,高压并联电容器都占据着主导地位。通常情况下,整个电网安装的高压并联电容器的补偿容量要远大于电网发电机的总容量。我国电网的许多变电站的低压侧都装设了大容量的并联补偿电容器组,而且将这些电容器组设置成可以跟随电压和功率因数的变化能自动进行投切操作。

[0003] 高压并联电容器的投切操作主要依赖断路器,而此过程中就会面临断路器的重燃问题。电容器组自电网中由断路器退出时,即切断了电容性负荷,一旦断路器的断口间发生重燃,就会产生重燃过电压,某些情况下重燃过电压会达到很高的数值,这将危害到并联电容器本身及其他相关的电气设备。尤其是在具有自动投切功能的大型变电站,一昼夜间可能自动投切电容器多次,这种情况更加大了过电压产生的概率。

[0004] 另外当并联电容器所连电网交流母线电压过高时,会加速电容器的老化,使内部游离增大,将产生局部放电。同时电容器有功损耗随之增大,发热量上升,最后导致击穿,使电容器损坏。因此,控制并联电容器的过电压水平对于设备的安全运行起着至关重要的作用。

[0005] 柔性直流输电是基于全控半导体器件(IGBT)电压源换流器的高压直流输电技术,是目前世界上可控性最高、适应性最好的输电技术,为解决电网面临的诸多难题提供了一种全新的技术手段。柔性直流输电技术在灵活地控制有功功率传输的同时,还能够为相连电网提供动态无功支撑,提高交流母线电压稳定性。因而,研究柔性直流换流器与高压并联电容器的相互配合方法,对于降低设备电压应力、提高使用寿命具备重要的应用价值并且柔性直流换流站与相邻交流母线上所使用的并联电容器相配合完成投切操作目前尚不成熟。

发明内容

[0006] 为解决上述现有技术中的不足,本发明的目的是提供一种基于柔性直流与高压并联电容配合的无功调节装置及方法,可显著降低电容器过电压水平并降低设备的有功损耗;旨在对现有设备进行优化以提高系统效率,延长使用寿命。

[0007] 本发明的目的是采用下述技术方案实现的:

[0008] 本发明提供一种基于柔性直流与高压并联电容配合的无功调节装置,其特征在于,所述调节装置包括柔性直流输电系统、换流变压器和高压并联电容器组;所述柔性直流

输电系统通过所述换流变压器与多组高压并联电容器并联于同一交流母线上。

[0009] 进一步地,其中,所述柔性直流输电系统采用模块化多电平换流器,子模块为半桥结构;柔性直流换流站采用定无功功率控制方式,高压并联电容组通过断路器独立控制投切动作。

[0010] 本发明提供一种基于柔性直流与高压并联电容配合的无功调节装置的调节方法,其改进之处在于,所述调节方法基于高压并联电容器组与柔性直流输电系统系统配合进行无功补偿,所述调节方法包括下述步骤:

[0011] 步骤1:调度中心检测交流母线实际电压水平 U 和换流站实际无功功率输出 Q_0 ;

[0012] 步骤2:将交流母线实际电压水平 U 和换流站实际无功功率输出 Q_0 与上层调度控制系统提供的交流母线标准电压进行比较并计算相应所需的无功补偿容量 Q ;(具体所需提供的无功补偿容量根据应用场合或所连交流系统的类型以及强弱程度所决定)

[0013] 步骤3:判定无功补偿容量 Q 是否大于单组高压并联电容组的最大无功补偿容量 Q_m ,若小于,则进行步骤4,否则,进行步骤5;

[0014] 步骤4:全部无功功率由柔性直流换流站提供单组并联电容器的容量 Q_{set} ;

[0015] 步骤5:剩余所需的无功补偿容量 Q_{vsc2} 由柔性直流换流站提供。

[0016] 进一步地,所述步骤4中,柔性直流换流站所能提供的最大无功补偿容量 Q_m 大于单组并联电容器的容量 Q_{set} ;当所需无功补偿容量 Q 小于单组并联电容器容量 Q_{set} 时,柔性直流输电系统的调度中心下发指令控制柔性直流输电系统提供所需全部无功补偿容量。

[0017] 进一步地,所述步骤5中,当所需无功补偿容量大于单组并联电容器容量 Q_{set} 时,计算 $Q \div Q_{set}$ 后将结果取整,即 $\text{int}(Q \div Q_{set})$ 得到所需投入的并联电容器组数 a ,并下发相应指令至高压并联电容器组的自动投切装置;剩余所需的无功补偿容量 $Q_{vsc2} = Q - (a \times Q_{set})$ 则由柔性直流换流站提供;

[0018] 投切动作进行时,柔性直流换流站先根据系统无功需求及响应特点投入自身全部无功补偿容量,之后随着并联电容组的投入再逐渐降低自身无功出力至 $Q_{vsc2} = Q - (a \times Q_{set})$, Q 表示无功补偿容量。

[0019] 与最接近的现有技术相比,本发明提供的技术方案具有的优异效果是:

[0020] 由于柔性直流输电系统具有快速、独立控制有功、无功功率的能力,高压并联电容器组与柔性直流输电系统相配合能够大幅度降低电容器组投切动作时的过电压水平,降低开断电容器时重燃的可能性。

[0021] 当夜间轻负荷时,可主要由柔性直流换流站提供无功出力,因此可减少并联电容器的投切次数及使用时间,无形中延长了相应开关器件以及电容器组本身的使用寿命。高压并联电容器的投切从响应到动作之间所需的时间一般为“秒”级,而柔性直流换流站提供的无功支撑多为毫秒级,柔性直流换流站无功变化速率可达到约 300MVar/s 。并且高压并联电容器自系统中切出后至少10分钟内不得重新投入使用,因此柔性直流换流站与高压并联电容器相配合使用时可起到备用及快速响应的作用。

[0022] 当系统正常运行时,随着电源、负荷等因素的变化系统状态不断改变,柔性直流换流站能够精确、快速的控制所连交流母线的电压水平,控制高压并联电容器组的运行电压变化从而提高系统的效率及线路输送的电能质量。避免电容器热击穿、绝缘介质老化加快寿命减低、损耗增大等长期运行电压不稳定产生的问题。

[0023] 当系统遭遇故障时,由于高压并联电容器组的充放电以及切出后的再投入等过程都需要相对较长的时间,柔性直流换流站可利用自身特点快速提供紧急无功支撑,待并联电容器组进入工作状态后再逐渐降低自身无功出力。因此,高压并联电容器组和柔性直流输电系统的配合能够显著提高全系统的稳定性。

[0024] 由于目前绝大多数变电站都已安装使用高压并联电容器组,柔性直流输电系统也在电网中有一定规模的使用。因此,此方法的应用无需依赖额外大量设备以及资金投入,仅需对现有设备的控制系统相应进行优化升级即可,在扩展了设备功能的同时提高了系统的效率及使用寿命。

附图说明

[0025] 图1是本发明提供的高压并联电容器组与柔性直流输电系统配合接线示意图;

[0026] 图2是本发明提供的无差无功调节方法的流程图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0028] 以下描述和附图充分地示出本发明的具体实施方案,以使本领域的技术人员能够实践它们。其他实施方案可以包括结构的、逻辑的、电气的、过程的以及其他的改变。实施例仅代表可能的变化。除非明确要求,否则单独的组件和功能是可选的,并且操作的顺序可以变化。一些实施方案的部分和特征可以被包括在或替换其他实施方案的部分和特征。本发明的实施方案的范围包括权利要求书的整个范围,以及权利要求书的所有可获得的等同物。在本文中,本发明的这些实施方案可以被单独地或总地用术语“发明”来表示,这仅仅是为了方便,并且如果事实上公开了超过一个的发明,不是要自动地限制该应用的范围为任何单个发明或发明构思。

[0029] 本发明所提柔性直流输电系统与高压并联电容器组配合的无功调节装置接线如图1所示。图1以交流系统中的一相为例,给出单相系统结构示意图。调节装置包括柔性直流输电系统、换流变压器和多组高压并联电容器组;其中柔性直流输电系统通过换流变压器与多组高压并联电容器并联于同一交流母线上。其中,柔性直流输电系统采用模块化多电平换流器,子模块为半桥结构。柔性直流换流站采用定无功功率控制方式,多组高压并联电容通过各自断路器可分别独立控制投切动作。

[0030] 本发明所提柔性直流输电系统与高压并联电容器组配合的无功调节方法流程图如下,包括下述步骤:

[0031] 调度中心根据交流母线实际电压水平 U 、换流站实际无功功率输出 Q_0 与上层调度控制系统提供的交流母线标准电压进行比较并计算相应所需的无功补偿容量 Q 。

[0032] 柔性直流换流站所能提供的最大无功补偿容量 Q_m 大于单组并联电容器的容量 Q_{set} 。当所需无功补偿容量 Q 小于单组并联电容器容量 Q_{set} 时,系统调度中心下发指令控制柔性直流输电系统提供系统所需全部无功补偿容量。

[0033] 当所需无功补偿容量大于单组并联电容器容量 Q_{set} 时,计算 $Q \div Q_{set}$ 后将结果取整得到所需投入的并联电容器组数 a ,并下发相应指令至高压并联电容器组的自动投切装置。剩余所需的无功补偿容量 $Q - (a \times Q_{set})$ 则由柔性直流换流站提供。

[0034] 投切动作进行时,柔性直流换流站先根据系统无功需求及快速响应的特点投入自身全部无功补偿容量,之后随着并联电容组的投入再逐渐降低自身无功出力至 $Q_{vsc2}=Q-(a \times Q_{set})$ 。因此可大幅降低并联电容器投切瞬间的过电压水平做到系统无功的无差调节。

[0035] 当系统正常运行时随着系统负荷及其他因素影响导致交流母线电压不断发生变化,高压并联电容为换流站及附近系统提供主要无功功率补偿,柔性直流输电系统具有快速、灵活调节无功功率的能力,使得其与高压并联电容器组的配合能够更加精准、快速的控制所连接的交流母线电压。此外,当系统遭遇故障等特殊情况下柔性直流输电系统第一时间提供紧急无功支撑,弥补高压并联电容反应及投入时间相对较慢的缺点,当所需并联电容器组投入后柔性直流换流站再逐渐降低无功出力。

[0036] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。

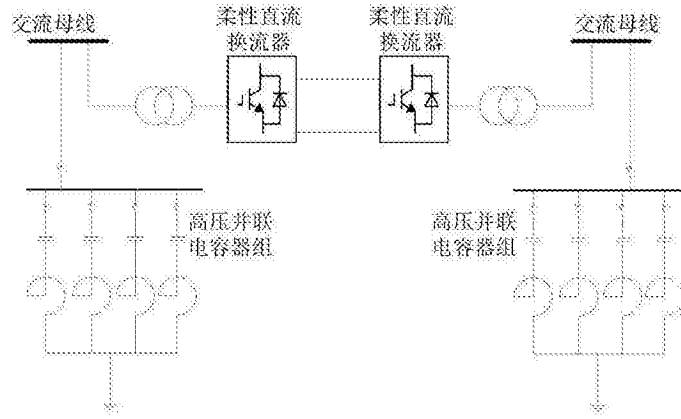


图1

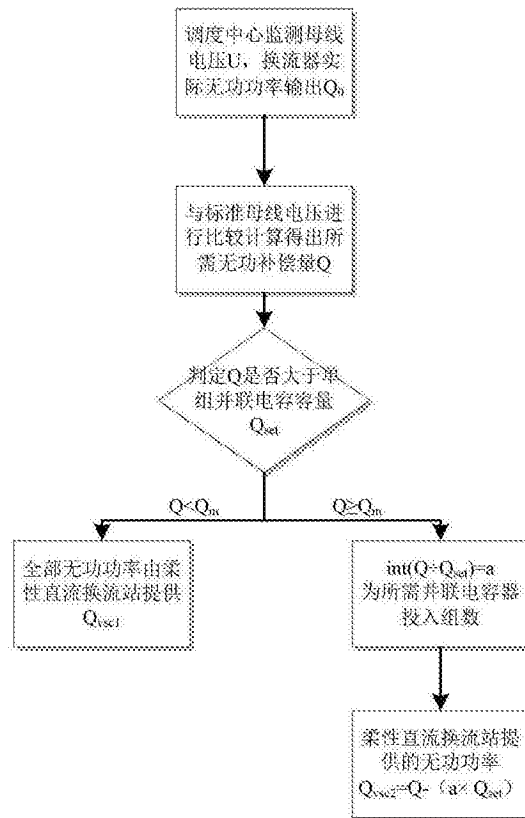


图2